

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

35.62482

DIALOG(R) File 347:JAPIO  
(c) 1999 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04707263     \*\*Image available\*\*  
RADIATION DETECTING ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

PUB. NO.:        07-027863 [J P 7027863 A]  
PUBLISHED:       January 31, 1995 (19950131)  
INVENTOR(s):    TAKABAYASHI TOSHIO  
                 MOTOME TAKUYA  
                 KO TADAMORI  
APPLICANT(s):   HAMAMATSU PHOTONICS KK [485540] (A Japanese Company or  
                 Corporation), JP (Japan)  
APPL. NO.:       05-192899 [JP 93192899]  
FILED:           July 07, 1993 (19930707)  
INTL CLASS:      [6] G01T-001/20  
JAPIO CLASS:     46.1 (INSTRUMENTATION -- Measurement); 23.1 (ATOMIC POWER --  
                 General)  
JAPIO KEYWORD: R012 (OPTICAL FIBERS); R044 (CHEMISTRY -- Photosensitive  
                 Resins); R115 (X-RAY APPLICATIONS)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To provide a radiation detecting element which has very high X-ray sensitivity and resolution and a large area and its simple manufacturing method.

CONSTITUTION: A radiation detecting element is constituted of a one- or two-dimensional optical sensor 3 having multiple picture elements 30 and recessed or projecting patterns 8 formed at the pitch corresponding to the picture elements 30 formed on a substrate and a scintillator 40 which is grown on the sensor 3 and split into sections respectively counterposed to the picture elements 30 by cracks selectively produced along a recessed or projecting pattern 8. Especially, the recessed or projecting pattern 8 has a prescribed cross-sectional shape to selectively produce the cracks during the growing process of the scintillator 40. Because of the cracks produced in the scintillator 40, scintillation light generated when radiation is made incident is detected by means of the picture elements 30 only.

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-27863

(43)公開日 平成7年(1995)1月31日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

G 0 1 T 1/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 8908-2G

E 8908-2G

審査請求 未請求 請求項の数16 FD (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-192899

(22)出願日 平成5年(1993)7月7日

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 高林 敏雄

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 本目 卓也

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 黄 忠守

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

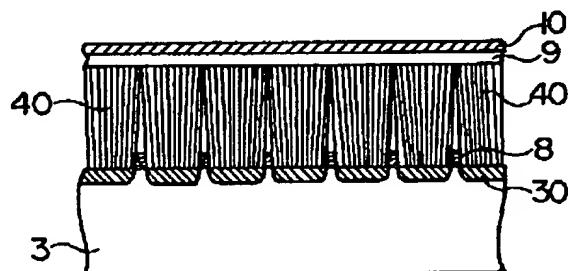
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 放射線検出素子及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 X線感度及び解像度ともに優れた大面積の放射線検出素子を提供するとともに、その簡単な製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 基板上に複数の画素30とともに、この各画素に対応したピッチで形成された凹状又は凸状パターン8を有する1次元又は2次元の光センサ3と、この1次元又は2次元光センサ3上に成長させ、凹状又は凸状パターンに沿って選択的に生じさせた亀裂により区切られたシンチレータ40が、各画素にそれぞれ位置的に対応したシンチレータ部4を備えた構成であって、特に、この凹状又は凸状パターン8はシンチレータ40の生成過程で選択的に亀裂を生じさせるための所定の断面形状を有する。このシンチレータに生じた亀裂により、放射線入射によるシンチレーション光は対応する画素30によってのみ検出される。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に複数の画素とともに、該各画素に対応したピッチで形成された凹状又は凸状パターンを有する1次元又は2次元の光センサと、前記凹状又は凸状パターンに沿って選択的に生じさせた亀裂によって区切られた各シンチレータが、前記1次元又は2次元光センサの各画素とそれぞれ位置的に対応しているシンチレータ部を備えた放射線検出素子。

【請求項2】 前記凹状又は凸状パターンは、有機絶縁膜又は無機絶縁膜により形成するか、あるいは両有機絶縁膜及び無機絶縁膜を組み合わせて形成することを特徴とする請求項1記載の放射線検出素子。

【請求項3】 前記凸状パターンは、前記各画素間に配設されたゲート及び信号ライン上に形成されたことを特徴とする請求項1又は2記載の放射線検出素子。

【請求項4】 前記凸状パターンの膜厚と前記シンチレータの膜厚との関係は、

$$(\text{凸状パターンの膜厚} / \text{シンチレータの膜厚}) > 0.01$$

を満たしていることを特徴とする請求項1、2、又は3記載の放射線検出素子。

【請求項5】 前記凸状パターンの幅と凸状パターンの間隔との関係は、

$$(\text{凸状パターンの幅} / \text{凸状パターンの間隔}) < 0.25$$

を満たしていることを特徴とする請求項1、2、又は3記載の放射線検出素子。

【請求項6】 前記凹状パターンの深さとシンチレータの膜厚との関係は、

$$(\text{凹状パターンの深さ} / \text{シンチレータの膜厚}) > 0.01$$

を満たしていることを特徴とする請求項1又は2記載の放射線検出素子。

【請求項7】 前記凹状パターンの幅と凹状パターンの間隔との関係は、

$$(\text{凹状パターンの幅} / \text{凹状パターンの間隔}) < 0.25$$

を満たしていることを特徴とする請求項1又は2記載の放射線検出素子。

【請求項8】 前記凸状パターンの断面形状は、1又は2以上の頂点を有することを特徴とする請求項4又は5記載の放射線検出素子。

【請求項9】 前記凸状パターンの断面形状は、テーパ角を30°以上とすることを特徴とする請求項8記載の放射線検出素子。

【請求項10】 前記凸状パターンの断面形状は、少なくとも側面部分を有することを特徴とする請求項9記載の放射線検出素子。

【請求項11】 前記凸状パターンの断面形状は、少なくとも曲線部分を有することを特徴とする請求項9記載の放射線検出素子。

【請求項12】 前記凹状パターンの断面形状は、1又

2

は2以上の頂点を有することを特徴とする請求項6又は7記載の放射線検出素子。

【請求項13】 前記凹状パターンの断面形状は、テーパ角を30°以上とすることを特徴とする請求項12記載の放射線検出素子。

【請求項14】 前記凹状パターンの断面形状は、少なくとも側面部分を有することを特徴とする請求項13記載の放射線検出素子。

【請求項15】 前記凹状パターンの断面形状は、少なくとも曲線部分を有することを特徴とする請求項13記載の放射線検出素子。

【請求項16】 基板上に複数の画素を有する1次元又は2次元の光センサ上に所定のピッチで凹状又は凸状パターンを形成し、

前記凹状又は凸状パターンが形成されている1次元又は2次元の光センサ上にシンチレータ部を成長させ、冷却過程で前記シンチレータ部に前記凹状又は凸状パターンに沿った亀裂を生じさせ、各画素に対応したシンチレータを形成することを特徴とする放射線検出素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は放射線検出素子に関し、特に、その製造及び製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、放射線検出素子としては、シンチレータと光検出素子とを組み合わせて構成され、例えば二次元光センサの全面にこのシンチレータを形成させたものがある（第1の従来例）。これは、放射線が入射されたシンチレータが蛍光を発生し、この蛍光を二次元光センサで検出するように動作する。

【0003】 また、放射線検出素子の第2の従来例としては、光ファイバプレートの上にシンチレータを形成し、光ファイバプレートを通った光（このシンチレータで発生した蛍光）を二次元光センサで受光するものがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 以上のように、第1の従来例では光検出素子上に形成したシンチレータのクロストークにより解像度が低下し、また、二次元光センサにダメージを与えやすいという欠点があった。また、第2の従来例では光ファイバプレートは高価で、かつ光ファイバプレート自体の大型化が困難であるため、放射線検出素子自体の大型化は困難であり、さらに、シンチレータで発生した光が光ファイバプレートを通過する際、反射・吸収が起こり、光検出素子に入射する光量が低下することから、検出効率を上げるためにシンチレータを厚くすると解像度が低下しやすくなるという欠点があった。

【0005】 このため、上記技術の欠点を解決するもの

として、光ファイバプレートにエッチングで多数の凹凸を形成し、突出したコアにシンチレータを成長させた技術が、例えば特開昭61-185844号公報及び同61-225684号公報に提案されている。

【0006】しかし、これら公報の技術によると、画素分離を図るため、光ファイバプレートにおけるコアの配設ピッチをセンサにおける画素のピッチと同程度にするとともに、画素とコアを正確に位置合わせして光結合しなければならないが、これは極めて困難であり、実用性に欠け、また、生産コストを高くするなどの課題があった。

【0007】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、X線感度及び解像度ともに優れた大面積の放射線検出素子を提供するとともに、その簡単な製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】この発明に係る放射線検出素子は、基板上に複数の画素とともに、この各画素に対応したピッチで形成された凹状又は凸状パターンを有する1次元又は2次元の光センサと、この1次元又は2次元光センサ上に成長させ、凹状又は凸状パターンに沿って選択的に生じさせた亀裂によって区切られた各シンチレータが、各画素にそれぞれ位置的に対応したシンチレータ部を備えた構成であって、特に、この凹状又は凸状パターンはシンチレータの生成過程で選択的に亀裂を生じさせるための所定の断面形状を有することを特徴としている。

#### 【0009】

【作用】この発明における放射線検出素子は、シンチレータ部の生成過程で選択的に亀裂を生じさせるため、このシンチレータ部を成長させる基板上に予め所定の断面形状を有する凹状又は凸状パターンを形成しておくようにしたもので、この凹状又は凸状パターンが存在することにより、基板上に成長したシンチレータ部はその冷却過程で応力を生じ、これら凹状又は凸状パターンに沿って選択的に亀裂を生じる。

【0010】これは、シンチレータ部が冷却過程で収縮することによりその表面に応力集中が生じるとともに、このシンチレータ部と基板との収縮率の違いによりこれらの界面でも応力集中が生じ、かつ、基板上に成長したシンチレータ部が柱状構造を有することから、基板に対して垂直方向の亀裂が凹状又は凸状パターンに沿って生じるものと考えられる。

【0011】また、この選択的に生じさせた亀裂により、シンチレータ部は基板上に形成されている1次元又は2次元の光センサの画素ごとに区別と分離される。

【0012】また、凸状パターンは各画素間の配線上に形成されるので、亀裂により区切られた各シンチレータは、それぞれ位置的に対応している画素部分をX線検出から保護する。

#### 【0013】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図1乃至13を用いて説明する。なお、図中同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0014】まず、実施例の放射線検出素子が用いられる放射線検出装置の全体構成を説明する。図1は放射線検出装置の全体構成を示す斜視図であり、鉛製の放射線遮断板1を浮上させて描いてある。図において、ガラス基板2の中央部にはホトダイオード(PD)や荷電トランジスタ(TFT)などからなる二次元光センサ3が形成され、この上に多数のシンチレータ40の柱状結晶からなるシンチレータ部4が形成されている。

【0015】また、この二次元光センサ3の一方の辺に沿うように垂直シフトレジスタ5がガラス基板2上に設けられ、他方の辺に沿うようにガラス基板2上に水平シフトレジスタ6が設けられており、この垂直シフトレジスタ5は画素のスキヤン用で、水平レジスタ6はデータの出力用として設置されている。そして、この水平レジスタ6から取り出された出力データはガラス基板2上に設けたアンプ7から映像信号として外部に取り出される。

【0016】このような放射線検出素子では、図1の上方からX線やガンマ( $\gamma$ )線などの放射線が入射すると、シンチレータ40で発光が生じ、この光子が画素30に検出される。この出力は、垂直レジスタ5及び水平レジスタ6によって読み出され、アンプ7で増幅されて出力される。

【0017】この実施例における二次元光センサ3は、ガラス基板2上に二次元のアレイとして形成した複数の画素を有しており、図2のように構成される。ここで、図2(a)は画素30の水平図であり、同図(b)は画素30の断面図である。それぞれの画素30は、光検出セルとしてのホトダイオード31と、スイッチとしての荷電トランジスタ32を有し、ホトダイオード31は荷電32のソース電極33上にPinシリコンホトダイオードとして構成されている。ホトダイオード31のアノード電極34はコモンライン35に接続され、荷電トランジスタ32のドレイン電極はドレインライン36に接続されている。

【0018】なお、ドレインライン36は前述の水平シフトレジスタ6に接続され、ゲートライン37は垂直シフトレジスタ5にそれぞれ接続されている。そして、荷電トランジスタ32にシンチレーション光が入射しないように、絶縁膜をはさんで荷電トランジスタ32上に遮光膜38が設けられている。

【0019】次に、二次元光センサ3上に成長させたシンチレータ部4の構造について図3を用いて説明する。

【0020】図3は、この発明の一実施例におけるシンチレータ部4の構造を示す断面図であり、二次元光センサ3上に形成した画素30の間隔に合わせて凸状パター

5

ン8 (凹状パターン) が形成されている。そして、この凸状パターン8に沿って亀裂を選択的に生じたシンチレータ40 (このシンチレータは柱状結晶を有している) の上、保護膜9と、Alシート10が形成されている。

【0021】なお、この凸状パターン8の形成方法は、図4に示すように、上述した二次元光センサ2表面の洗浄とデハイドレーションベークを行い、続いてこの二次元光センサ2上にスピコートにより有機絶縁膜である感光性ポリイミド8aを10 $\mu$ mの厚みになるように塗布する (図4 (a))。そして80℃、40分間プリベークを行なうことで感光性ポリイミド8aの半硬化を行った後、フォトレジストと同様なプロセスでゲート及び信号ライン上にこの感光性ポリイミド8aが残るようにパターン加工 (フォトリソグラフィで露光した後エッチングする) を行う (図4 (b))。最後にN<sub>2</sub>雰囲気中に170℃、1時間置くことでゲート及び信号ライン上に残された感光性ポリイミドを硬化させて (ポストベーク) 凸状パターン8を形成した (図4 (c))。

【0022】そして、図5に示すように、ゲート及び信号ライン35、36、37等の上に凸状パターン8が形成されている二次元光センサ2上にシンチレータ部4としてCsIの柱状結晶を300 $\mu$ m蒸着させた後、保護膜9としてポリイミドを成膜し、このCsIから上部方向へ逃げる光を反射させるとともに、遮光防止のため、Alシート10 (膜厚0.1mm) で覆った。

【0023】ここで、亀裂の生じる過程は、図6に示すように複数の図案30を有する基板上にこの図案30に合わせて凹状又は凸状パターン8を形成し (図6 (a))、シンチレータ部4を徐々に成長させていく (図6 (b)、(c))。

【0024】そして、成長したシンチレータ部4は、この冷却過程で基板3に対して垂直方向に亀裂を生じ、各図案30に対応したシンチレータ40を形成する (図6 (d))。図12は選択的に亀裂を生じさせたシンチレータ部4の断面を示す写真であり、基板上に六角形状に凸状パターン (図11) を配設したときの亀裂の発生状態を示している。この写真から凸状パターンを予め形成しておくことで選択的に良好な亀裂を生じさせられることが分かる。

【0025】なお、この亀裂は冷却過程でシンチレータ部4が収縮するために生じるもので、凸状パターンの場合、この凸状パターンが存在することにより生じるシンチレータ部4表面の盛り上がった部分に応力集中を生じるとともに、シンチレータ部4と基板3との界面においても収縮率の違いから応力集中が生じ、これにより亀裂が生じる (界面で応力集中が生じるのは凹状パターンも同様)。

【0026】さらに、シンチレータ部4に亀裂を生じさ

6

せるためには単に図案30に合わせて凹状又は凸状パターン8を形成したのみでは十分ではなく、以下のような条件を満たす必要がある。

【0027】すなわち、凸状パターンの場合、図7 (a) に示すようにパターン幅をWp、パターン厚をTp、パターン間隔をWs、シンチレータ部4の膜厚をTsとすると、

$$Tp/Ts > 0.01$$

$$Wp/Ws < 0.25$$

また、凹状パターンの場合、図7 (b) に示すようにパターン幅をWp、パターン深さをTp、パターン間隔をWs、シンチレータ部4の膜厚をTsとすると、

$$Tp/Ts > 0.01$$

$$Wp/Ws < 0.25$$

以上の条件を満たす必要がある。したがって、これらの条件を満たさない図8及び図13に示すような各パターンでは亀裂を生じないことを確認した (なお、図8及び図13は凸状パターンのみを示している)。

【0028】また、上記条件を満たし、かつ亀裂を生じさせる凹状又は凸状パターン8の断面形状は、図9に示すように幾つかのパターンがある。

【0029】すなわち、1又は2以上の頂点を有するパターンで、これらのパターンのテーパ角は30°以上であることが必要であるが、図9 (a) ~ (d) に示すように直線成分のみで構成するパターン (斜め部分を有する場合と有しない場合がある)、図9 (e) に示すように曲線成分のみで構成するパターン、また、図9 (f)、(g) に示すように直線成分と曲線成分を組み合わせたパターンなどが考えられる。なお、図11は実際に基板上に形成した凸状パターンの断面形状を示す写真である。

【0030】次に、この発明に係る放射線検出素子の製造方法により、制作した試料には上述した凹状又は凸状パターン8を図案30の間隔に合わせて基板上に形成させたので (ポリイミドでパターンニングすること)、シンチレータ部4として成長させたCsIに各図案に対応した亀裂を生じさせることができた (各シンチレータ40は各図案に対して独立したものとなる)。

【0031】これにより、X線管電圧70kVp、Wターゲットで当放射線検出素子のMTFを評価したところ、図10に示すように、各図案に対応させてシンチレータ40を独立させることにより (パターンニング有)、パターンニング無 (基板上に成長させたシンチレータ部としてのCsIには亀裂は生じておらず、各図案に対応したシンチレータは独立していない) の場合と比較して向上していることを確認した。

【0032】また、X線感度においても、パターンニングによるCsI結晶の柱状結晶化がより促進され、パターンニング無の場合と比較して約3倍大きく向上したことを確認した。

7

【0033】さらに、ゲート及び信号ライン上に選択的に亀裂を入れることにより、画素を構成するTFT及びPD上には発生することなくシンチレータ40に覆われるため、これらへのX線の被曝が少なくTFTのリーク電流及びPDへのダメージが低く抑えられることを確認した(X線管電圧70kV、線量率10R/分の条件下でTFTオフ電流を約1桁低減できた)。

【0034】なお、シンチレータ部4の厚膜化により生じる応力を亀裂により分散することにより、PDの暗電流、TFTのリーク電流及びしきい値電圧のシフトが改善されたことも確認した。

【0035】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、基板上に複数の画素とともに、この画素と対応したピッチで形成された凹状又は凸状パターンを有する1次元又は2次元の光センサと、この1次元又は2次元光センサ上に成長させ、凹状又は凸状パターンに沿って選択的に生じさせた亀裂によって区切られた各シンチレータが、各画素にそれぞれ位置的に対応したシンチレータ部を備えた構成であって、特に、この凹状又は凸状パターンはシンチレータの生成過程で選択的に亀裂を生じさせるための所定の断面形状を有するように形成したので、この選択的に生じさせた亀裂により、シンチレータ部は基板上に形成されている1次元又は2次元の光センサの画素におけるクロストークを防止し、高解像度で、かつ高感度な放射線検出素子が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

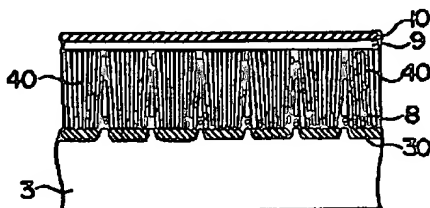
【図1】この発明に係る放射線素子の一実施例を用いた放射線検出装置の全体構成を示す斜視図である。

【図2】この発明における二次元センサの一画素の構成図である。

【図3】この発明におけるシンチレータ部の構成を示す断面図である。

【図4】この発明における凸状パターンの二次元センサ上への形成方法を説明するための構成図である。

【図3】



8

【図5】この発明における二次元センサ上に実際に形成したシンチレータ部のスケールを示す断面図である。

【図6】この発明における二次元センサ上に形成するシンチレータ部に生じる亀裂の形成過程を説明する図である。

【図7】この発明における二次元センサ上に形成する凹状又は凸状パターンの断面形状の形成条件を説明する図である。

【図8】この発明における二次元センサ上に形成する凹状又は凸状パターンのうち、シンチレータ部に亀裂を生じない実施例を説明するための図である。

【図9】この発明における二次元センサ上に形成する凹状又は凸状パターンのうち、シンチレータ部に亀裂を生じる実施例を説明するための図である。

【図10】この発明における二次元センサ上に成長させたシンチレータ部について、亀裂を生じた場合と亀裂を生じない場合とを比較した図である。

【図11】この発明における二次元センサ上に形成する凹状又は凸状パターンのうち、シンチレータ部に亀裂を生じる実施例を説明するための写真であって、基板上に形成した微細なパターンを表した写真である。

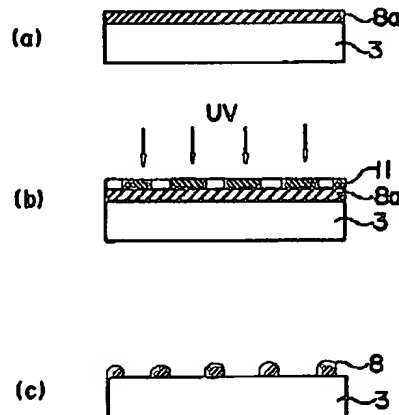
【図12】この発明における二次元センサ上に実際に形成したシンチレータ部の断面を示す写真であって、基板上に形成した微細なパターンを表した写真である。

【図13】この発明における二次元センサ上に形成する凹状又は凸状パターンのうち、シンチレータ部に亀裂を生じない実施例を説明するための写真であって、基板上に形成した微細なパターンを表した写真である。

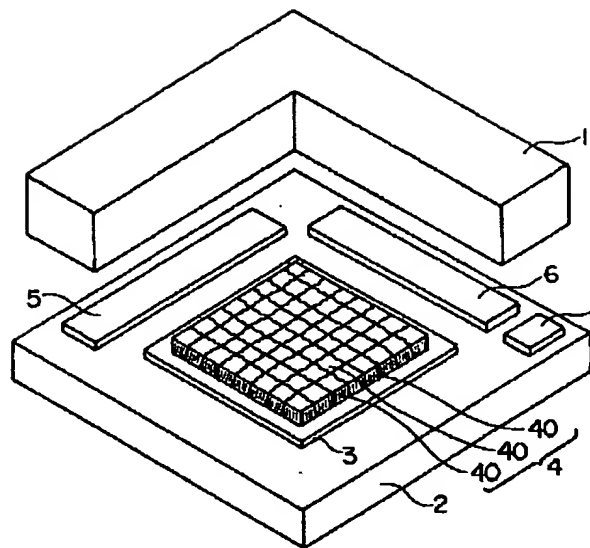
【符号の説明】

1…放射線遮断板、2…ガラス基板、3…二次元光センサ、30…画素、4…シンチレータ部、40…シンチレータ(CsI)、5…垂直レジスタ、6…水平レジスタ、7…アンプ、8…凹状又は凸状パターン、9…保護膜、10…Alシート。

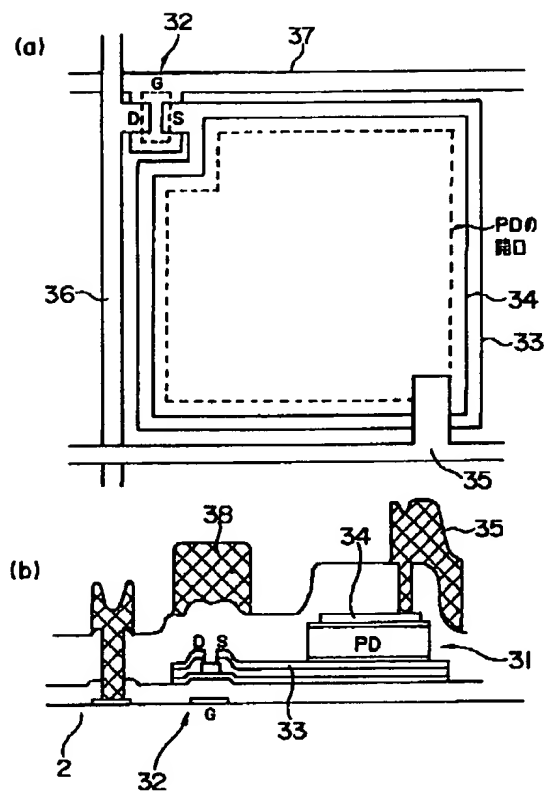
【図4】



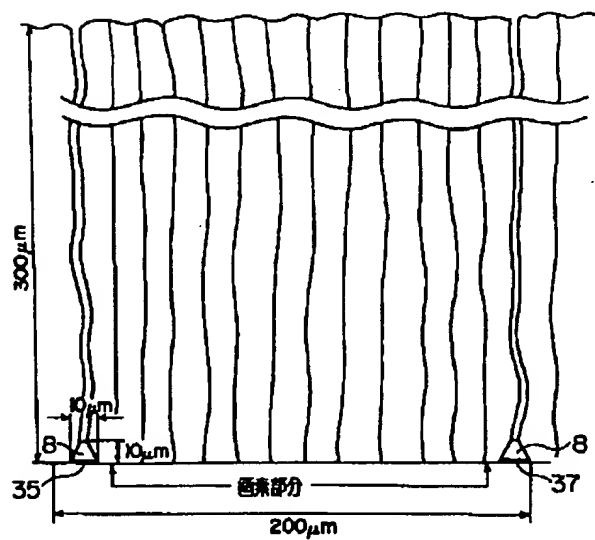
【図1】



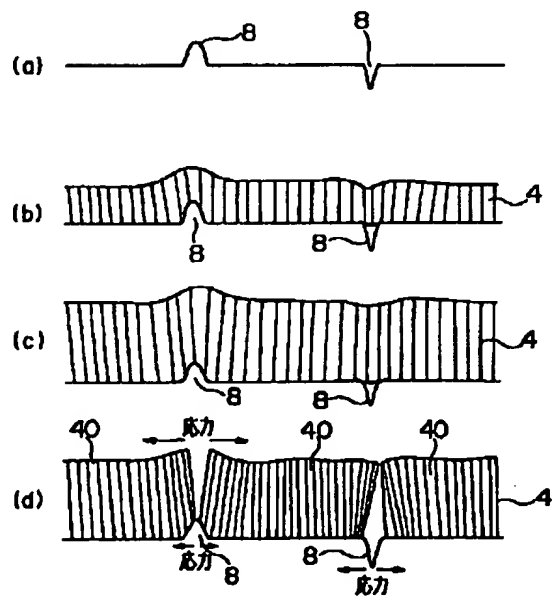
【図2】



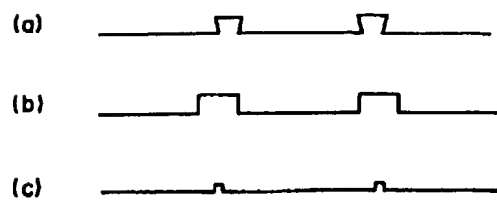
【図5】



【図6】

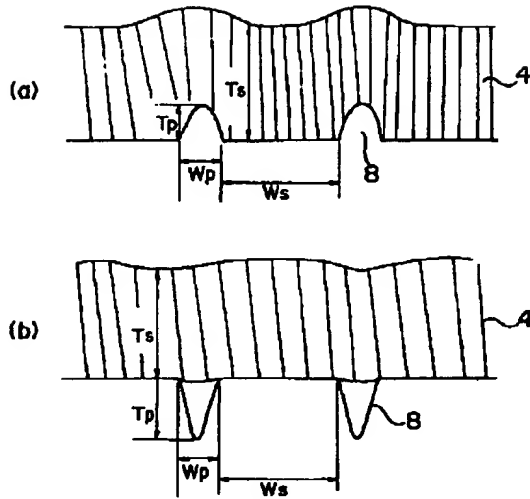


【図8】

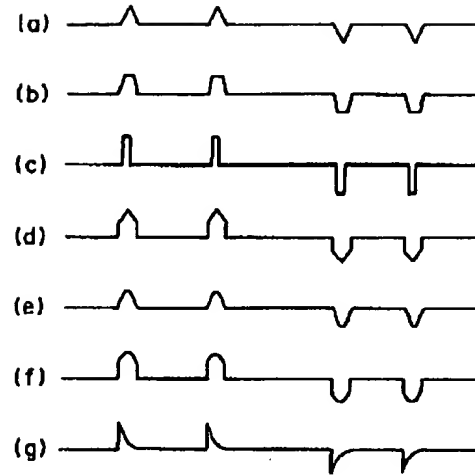




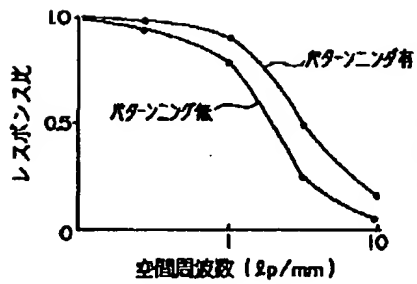
【図7】



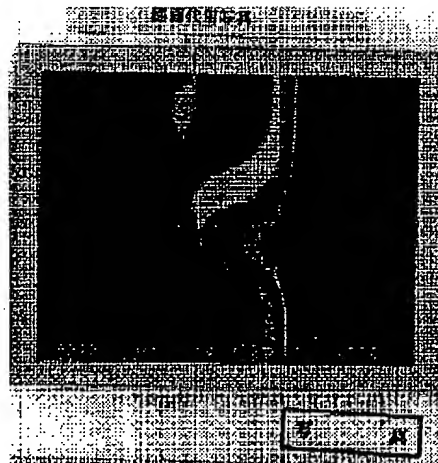
【図9】



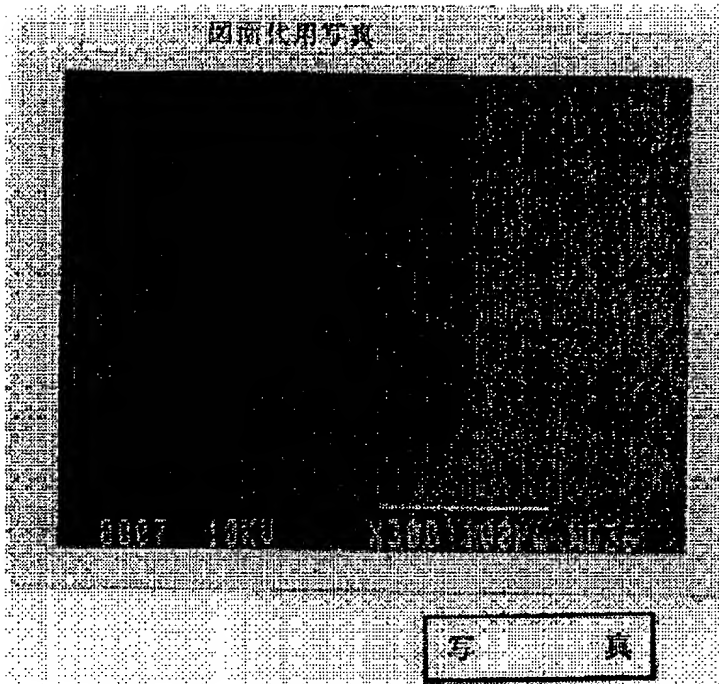
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

